

LOW TEMPERATURE-FIRABLE PORCELAIN COMPOSITION FOR HIGH FREQUENCY USE AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

Patent number: JP2003238235
Publication date: 2003-08-27
Inventor: ISHIKAWA MASAYUKI; KITANI NAOKI; MIZUSHIMA KIIYOSHI; FUJIMOTO HISAKAZU
Applicant: NIKKO KK
Classification:
- international: C04B35/16; C04B35/20; H01B3/12; H01L23/15
- european:
Application number: JP20020035528 20020213
Priority number(s): JP20020035528 20020213

Report a data error here

Abstract of JP2003238235

<P>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a low temperature-firable porcelain composition which can be fired at 800 to 1,000[deg.]C, and has a low dielectric constant and a low dielectric tangent in the high frequency region of ≥ 18 GHz, and to provide a method of producing low temperature friable porcelain. <P>SOLUTION: The low temperature-firable porcelain composition contains the oxides of Mg, Zn and Si (MgO , ZnO and SiO_2) by 81 to 94 mass% in total, 4.5 to 16.5 mass% Bi_2O_3 and 1 to 5 mass% Li_2O . Provided that MgO , ZnO and SiO_2 are compositionally expressed as $x\text{MgO}-(1-x)\text{ZnO}_y\text{SiO}_2$, $0.2 \leq x \leq 0.8$, $0.3 \leq y \leq 2.8$ are satisfied. In the method of producing low temperature-firable porcelain, raw material oxides are prepared so as to satisfy the above composition, molded, and thereafter fired at 800 to 1,000[deg.]C in an oxidizing or nonoxidizing atmosphere. <P>COPYRIGHT: (C)2003,JPO

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-238235
(P2003-238235A)

(43)公開日 平成15年8月27日(2003.8.27)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード*(参考) |
|------------------------------------|-------|---------------|-----------------|
| C 0 4 B 35/16 | | C 0 4 B 35/20 | 4 G 0 3 0 |
| 35/20 | | H 0 1 B 3/12 | 3 2 5 5 G 3 0 3 |
| H 0 1 B 3/12 | 3 2 5 | | 3 3 3 |
| | 3 3 3 | | 3 3 6 |
| | 3 3 6 | C 0 4 B 35/16 | Z |
| 審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く | | | |

(21)出願番号 特願2002-35528(P2002-35528)

(22)出願日 平成14年2月13日(2002.2.13)

(71)出願人 390010216

ニッコー株式会社

石川県松任市相木町383番地

(72)発明者 石川 正行

石川県松任市相木町383番地 ニッコー株
式会社内

(72)発明者 木谷 直樹

石川県松任市相木町383番地 ニッコー株
式会社内

(74)代理人 100081086

弁理士 大家 邦久 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高周波用低温焼結磁器組成物及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 800~1000℃で焼成することが可能であり、18GHz以上の高周波領域において、低い比誘電率と、低い誘電正接を有する低温焼成磁器組成物と低温焼成磁器の製造方法を提供する。

【解決手段】 Mg、Zn及びSiの酸化物(MgO、ZnO及びSiO₂)を合計量で81~94質量%、Bi₂O₃を4.5~16.5質量%、Li₂Oを1~5質量%含み、MgO、ZnO及びSiO₂をxMgO・(1-x)ZnO・ySiO₂と表した時、0.2≤x≤0.8、0.3≤y≤2.8を満足する低温焼成磁器組成物、並びに前記組成を満足するように原料酸化物を調整し成形した後、酸化雰囲気中または非酸化性雰囲気中、800~1000℃で焼成することを特徴とする低温焼成磁器の製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Mg、Zn及びSiの酸化物を合計量で81～94質量%、 Bi_2O_3 を4.5～16.5質量%、 Li_2O を1～5質量%含み、前記Mg、Zn及びSiの酸化物を $x\text{MgO} \cdot (1-x)\text{ZnO} \cdot y\text{SiO}_2$ と表した時、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq y \leq 2.8$ を満足する低温焼成磁器組成物。

【請求項2】 少なくともMg及びSiを含むフォーステライト結晶相及び／またはエンスタイト結晶相、少なくともZn及びSiを含むウイレマイト結晶相、並びに Bi_2O_3 - SiO_2 系及び Li_2O - SiO_2 系結晶相を含むことを特徴とする請求項1記載の低温焼成磁器組成物。

【請求項3】 18GHzでの誘電率(ϵ_r)が7.5以下、誘電損失($\tan \delta$)が 10×10^{-4} 以下であることを特徴とする請求項1または2記載の低温焼成磁器組成物。

【請求項4】 Mg、Zn及びSiの酸化物を合計量で81～94質量%、 Bi_2O_3 を4.5～16.5質量%、 Li_2O を1～5質量%含み、前記Mg、Zn及びSiの酸化物を $x\text{MgO} \cdot (1-x)\text{ZnO} \cdot y\text{SiO}_2$ と表した時、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq y \leq 2.8$ を満足する組成物を、所定形状に成形後、酸化雰囲気中または非酸化性雰囲気中、800～1000℃で焼成することを特徴とする低温焼成磁器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する利用分野】本発明は、低誘電率で低誘電損失の高周波用低温焼成磁器組成物及び低温焼成磁器の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、高度情報化時代を迎え、半導体素子には、高速化、高集積化及び実装の高密度化が求められている。半導体素子における高速化を進めるためには、配線長の短縮等に加え、回路上の信号伝播速度の高速化が不可欠であるが、信号伝播速度は基板材料の比誘電率の平方根に反比例するため、より低い誘電率の基板材料が必要である。また、高集積化や実装の高密度化のためには抵抗率の低い配線材料(Ag、Au、Cu等)の使用が求められるが、これらの金属は融点が低いため、配線パターンの印刷後に基板を焼成する多層配線基板等では、低温焼成可能な基板材料を用いる必要がある。このため、電子機器用基板材料として従来広く用いられてきたアルミナ基板(誘電率: 9～9.5、焼成温度: 1500℃前後)は高周波回路基板には適さず、これに代わる、より低い誘電率を有し低温焼成可能な材料が必要とされている。また、マイクロ波、ミリ波帯域での低損失化も要求されている。

【0003】そこで、低誘電率化に対応し得るセラミック材料として、ガラスと無機質フィラーとからなるガラ

スセラミック材料が知られている。このガラスセラミック材料は、誘電率が3～7程度と低いことから、高周波用絶縁基板として注目されている。また、800～1000℃の温度で焼成することができるため、導体抵抗の低いAg、Au、Cu等と同時焼成できるという長所がある。

【0004】例えば、特開2000-188017号公報には、デイオブサイド($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)型結晶相を析出可能なガラス相と、フィラーとしてMg及び／またはZnとTiとを含有する酸化物を含む1000℃以下で焼成可能な高周波用磁器組成物が開示されている。また、特開2001-240470号公報には、 SiO_2 、 Al_2O_3 、MO(Mはアルカリ土類金属元素)及びPbを含む結晶化ガラス成分と、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgTiO_3 、(Mg、Zn) TiO_3 、 TiO_2 、 SrTiO_3 、 MgAl_2O_4 、 ZnAl_2O_4 、コーゼライト、ムライト、エンスタイト、ウイレマイト、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、(Sr、Ca) $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 、フォーステライトの群から選ばれる少なくとも1種のフィラーとからなる高周波用配線基板が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のガラスセラミックス材料は、誘電率が低いものの、信号の周波数が10GHz以上のマイクロ波に対して、その誘電損失が 20×10^{-4} 以上と高く、このような高周波用としては実用化し得るに十分な特性を有していないものであった。

【0006】従って、本発明は、Ag、Au、Cu等の低抵抗金属と同時焼成が可能であり、しかも低誘電率及び高周波領域での低誘電正接を有する低温焼成磁器組成物と低温焼成磁器の製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記問題点を検討した結果、Mg、Zn及びSiを特定比率で含有する酸化物原料に対して、 Bi_2O_3 、 Li_2O を添加してなる組成物は、 Bi_2O_3 - SiO_2 系液相と Li_2O - SiO_2 系液相により液相反応が生じ、800～1000℃以下の温度にて焼成でき、しかも結晶相として、少なくともMg及びSiを含むフォーステライト結晶相及び／またはエンスタイト結晶相、Zn及びSiを含むウイレマイト結晶相、並びに Bi_2O_3 - SiO_2 系及び Li_2O - SiO_2 系結晶相を析出させることにより、低い比誘電率と低い誘電正接を得ることができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】すなわち、本発明は、以下の低温焼成磁器組成物及び低温焼成磁器の製造方法を提供する。

(1) Mg、Zn及びSiの酸化物を合計量で81～94質量%、 Bi_2O_3 を4.5～16.5質量%、 Li_2O を1～5質量%含み、前記Mg、Zn及びSiの酸化物をx

$\text{MgO} \cdot (1-x) \text{ZnO} \cdot y \text{SiO}_2$ と表した時、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq y \leq 2.8$ を満足する低温焼成磁器組成物。

(2) 少なくともMg及びSiを含むフォスフェイト結晶相及び／またはエンスタタイト結晶相、少なくともZn及びSiを含むウイレマイト結晶相、並びに Bi_2O_3 - SiO_2 系及び Li_2O - SiO_2 系結晶相を含むことを特徴とする前記1記載の低温焼成磁器組成物。

【0009】(3) 18GHzでの誘電率(ϵ_r)が7.5以下、誘電損失($\tan \delta$)が 10×10^{-4} 以下であることを特徴とする前記1または2記載の低温焼成磁器組成物。

(4) Mg、Zn及びSiの酸化物を合計量で81～94質量%、 Bi_2O_3 を4.5～16.5質量%、 Li_2O を1～5質量%含み、前記Mg、Zn及びSiの酸化物を $x \text{MgO} \cdot (1-x) \text{ZnO} \cdot y \text{SiO}_2$ と表した時、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq y \leq 2.8$ を満足する組成物を、所定形状に成形後、酸化雰囲気中または非酸化性雰囲気中、800～1000℃で焼成することを特徴とする低温焼成磁器の製造方法。

【0010】

【発明の実施の形態】(A) 磁器組成物

本発明の低温焼成磁器組成物は、Mg、Zn及びSiの酸化物(MgO 、 ZnO 及び SiO_2)を合計量で81～94質量%、 Bi_2O_3 を4.5～16.5質量%、 Li_2O を1～5質量%含み、 MgO 、 ZnO 及び SiO_2 を $x \text{MgO} \cdot (1-x) \text{ZnO} \cdot y \text{SiO}_2$ と表した時、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.3 \leq y \leq 2.8$ を満足する低温焼成磁器組成物である。

【0011】主成分となる酸化物の組成を $x \text{MgO} \cdot (1-x) \text{ZnO} \cdot y \text{SiO}_2$ と表した時、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ を満足する範囲と限定したのは、 $x < 0.2$ ではMgOが過少となり後述のフォスフェイト結晶相及び／またはエンスタタイト結晶相が十分に形成されず、また $0.8 < x$ では相対的にZnOが過少となりウイレマイト結晶相が形成されにくくなるためである。 $0.2 \leq x \leq 0.8$ の範囲内において、 $y < 0.3$ ではMgO相とZnO相が過剰となり誘電特性が劣化する。一方、 $2.8 < y$ では SiO_2 相が過剰となり焼結性が劣化し、磁器が緻密化しなくなる。このため、 $0.2 \leq x \leq 0.8$ の範囲内において $0.3 \leq y \leq 2.8$ が好ましく、 $0.6 \leq y \leq 2.5$ がより好ましい。

【0012】また、本発明によれば、上記主成分81～94質量%に対して Bi_2O_3 を4.5～16.5質量%及び Li_2O を1～5質量%の割合で配合する。ここで、組成を上記のように限定したのは、 Bi_2O_3 量が4.5質量%、 Li_2O 量が1質量%より少ないか、 Bi_2O_3 、 Li_2O 単体の添加では、800～1000℃の温度の焼成では磁器が十分に緻密化できないからであり、 Bi_2O_3 の量が16.5質量%、 Li_2O の量が5質量%より多いと、18GHzの高周波領域における誘電正接が 10×10^{-4}

以上と高くなるからである。

【0013】本発明の磁器組成物は、いずれも800～1000℃の温度範囲での焼成によって相対密度95%以上まで緻密化することができ、これによって形成される磁器は、少なくともMg及びSiを含むフォスフェイト結晶相及び／またはエンスタタイト結晶相、少なくともZn及びSiを含むウイレマイト結晶相を主体とする結晶相、並びに Bi_2O_3 - SiO_2 系及び Li_2O - SiO_2 系結晶相から構成され、さらには、 SiO_2 系結晶相を微量含んでもよい。

【0014】このように本発明によれば、磁器中に、少なくともMg及びSiを含むフォスフェイト結晶相及び／またはエンスタタイト結晶相、少なくともZn及びSiを含むウイレマイト結晶相、並びに Bi_2O_3 - SiO_2 系及び Li_2O - SiO_2 系結晶相を含むが、これにより比誘電率を7.5以下に制御できるとともに、低い誘電正接を得ることができる。ここで、フォスフェイト結晶相は Mg_2SiO_4 、エンスタタイト結晶相は MgSiO_3 、ウイレマイト結晶相は Zn_2SiO_4 であるが、フォスフェイト結晶相とエンスタタイト結晶相は少なくともMgとSiを含めばよく、ウイレマイト結晶相は少なくともZnとSiを含めばよい。従って、これに類する結晶相であり、磁器組成物の成分から構成される同型の結晶相を含んでもよい。例えば、ウイレマイト結晶相は $\text{Li}_2\text{ZnSiO}_4$ を含んでもよい。 Bi_2O_3 - SiO_2 系結晶相及び Li_2O - SiO_2 系結晶相についても同様である。

【0015】(B) 低温焼成磁器の製造方法

本発明の低温焼成磁器の製造方法によれば、主成分原料として Mg_2SiO_4 、 MgSiO_3 、 Zn_2SiO_4 や、 SiO_2 とMgO、 SiO_2 とZnO等の様々な組み合わせによる化合物が使用できる。出発原料としては、各金属の酸化物粉末のほかに、焼結過程で酸化物を形成し得る炭酸塩、酢酸塩及び硝酸塩等の形態で添加してもよい。なお、調合組成において、 Bi_2O_3 、 Li_2O 、 Zn_2SiO_4 、 SiO_2 、ZnOの酸化物原料粉末は分散性を高め、高い誘電率及び低い誘電正接を実現するために $2.0 \mu\text{m}$ 以下、特に $1.0 \mu\text{m}$ 以下の微粉末を用いることが好ましい。

【0016】上記のような割合で添加混合した混合粉末に適宜バインダーを添加した後、例えば、金型プレス、押し出し成形、ドクターブレード法、圧延法等により任意の形状に成形後、酸化雰囲気中または、 N_2 、Ar等の非酸化性雰囲気中において800～1000℃、特に850～950℃の温度で0.5～2時間焼成することにより相対密度95%以上に緻密化することができる。この時の焼成濃度が800℃より低いと、磁器が十分に緻密化せず、1000℃を越えると緻密化は可能であるが、Ag、Au、Cu等の低融点な導体を用いることが出来なくなる。

【0017】本発明の上記方法によれば、Mg及びSiからなる複合酸化物とZn及びSiからなる複合酸化物と Bi_2O_3 、 Li_2O を組み合わせることにより、複合酸化物から生成するMgやZnを主とする液相と Bi_2O_3 - SiO_2 、 Li_2O - SiO_2 系液相のより活性な液相反応が生じる結果、少ない焼結助剤量で磁器を緻密化することができる。そのために、誘電正接を増大させる要因となる粒界の非晶質相の量を最小限に押さえることができる。このため高周波領域においてより低い誘電正接を得ることができる。

【0018】また、本発明における磁器組成物は、800～1000℃、特に850～950℃で焼成可能であることから、特にAg、Au、Cuなどを配線する配線基板の絶縁基板として用いることができる。かかる磁器組成物を用いて配線基板を作製する場合には、例えば、上記のようにして調合した混合粉末を公知のテープ成形法、例えばドクターブレード法、押し出し成形等に従い、絶縁層形成用のグリーンシートを作製した後、そのシートの表面に配線回路層用として、Ag、Au及びAgのうちの少なくとも1種の金属、特に、Ag粉末を含む導体ペーストを用いて、スクリーン印刷法等によってグリーンシート表面に配線パターンを回路パターン状に印刷し、場合によってはシートにスルーホールやビアホール形成後、上記導体ペーストを充填する。その後、複数のグリーンシートを積層圧着した後、上述した条件で焼成することにより、配線層と絶縁層とを同時に焼成することができる。

【0019】

【実施例】以下、実施例及び比較例により本発明を具体的に説明するが、これらは本発明を限定するものではない。

実施例1～29

平均粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の Mg_2SiO_4 、 MgSiO_3 、 Zn_2SiO_4 、 ZnO 、 SiO_2 、 Bi_2O_3 、 Li_2CO_3 を表1～2の組成に従い混合した。この混合物に有機バインダー、可塑剤、トルエンを添加し、ドクターブレード法により厚さ $150\mu\text{m}$ のグリーンシートを作成した。そして、このグリーンシートを5枚積層し、70℃の温度で $150\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力を加えて熱圧着した。得られた積層体を大気中で、500℃で脱バインダーした後、大気中で表1～2に示した温度条件で1時間焼成して多層基板用磁器を得た。

【0020】得られた焼結体について誘電率、誘電正接を以下の方法で評価した。測定は、形状直径1～5mm、厚み2～3mmの試料を切り出し、18GHzにてネットワークアナライザーを用いて誘電体円柱共振器法により行った。具体的にはJIS R1627「マイクロ波用フェインセラミックスの誘電率特性の試験方法」に準じて行った。すなわち、上記の多層基板用磁器を直径1～5mm、厚み2～3mmの試料の円盤状に切り出し、誘電体

共振器の励起を行い、TE011モードの共振特性より誘電率、誘電正接を算出した。測定の結果は表1～2に示した。

【0021】また、各試料についてX線回折測定を行い、標準試料のX線回折ピークとの比較によって、フォルステライト結晶相(Mg_2SiO_4)、エンスタタイト結晶相(MgSiO_3)、ウイレマイト系結晶相(Zn_2SiO_4 、微量の $\text{Li}_2\text{ZnSiO}_4$ を含む。)、 Bi_2O_3 - SiO_2 系結晶相、 Li_2O - SiO_2 系結晶相の各相の存在の有無及び含有比について測定した。結果を表3に示す。

【0022】表1～2に示すように、本発明の磁器は、いずれも誘電率が7.5以下、18GHzでの誘電正接が 10×10^{-4} 以下の優れた値を示した。また、表3の結果から明らかなように、結晶相として、フォルステライト結晶相(Mg_2SiO_4)及び／またはエンスタタイト結晶相(MgSiO_3)、ウイレマイト結晶相(Zn_2SiO_4)、 Bi_2O_3 - SiO_2 系結晶相、 Li_2O - SiO_2 系結晶相が主として析出した。

【0023】比較例1～3

表2に示す混合比に変更したほかは実施例1と同様に原料の混合及び焼成を行い、多層基板用磁器を得た。得られた焼結体について、誘電率及び誘電正接を実施例1と同様に測定した。表2から、yが3.0と高い比較例1では嵩密度が3.07と低いことが分かる。これは、 SiO_2 相が過剰となり焼結性が劣化し、磁器が緻密化しなかったためである。また、18GHzでの誘電正接は 11.2×10^{-4} と高い値を示した。比較例2では、 Li_2O 組成が5.26質量％であり、本発明の上限値である5質量％を超えている。比較例3では Bi_2O_3 組成が19.69質量％であり、本発明の上限値である16.5質量％を超えている。これらの試料では液相量が多いため焼成温度も低く、形状が維持できず誘電特性が評価できなかった(表中には誘電損失を示したが、実際には再現性が低い。)

【0024】比較例4～5

Bi_2O_3 及び Li_2CO_3 を用いずに、平均粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の Mg_2SiO_4 、 MgSiO_3 、 Zn_2SiO_4 、 ZnO 、 SiO_2 を表2の組成に従い混合した他は、実施例1と同様の条件に従い、多層基板用磁器を得た。得られた焼結体について、誘電率及び誘電正接を実施例1と同様に評価した。

【0025】比較例4及び5では、 Bi_2O_3 及び Li_2O 組成が0％であり、いずれも本発明におけるこれらの下限値(4.5質量％(Bi_2O_3)、1質量％(Li_2O))を下回っている。これらの例では、誘電損失を 10×10^{-4} 以下とし、嵩密度も高くするためには高温での焼成が必要であり、900℃以下の焼成では SiO_2 の結晶化が不十分で誘電損失が 10×10^{-4} 以上となった。

【0026】

【表1】

表1

| 実施例 | 組成(質量%) | | | | | x | y | 焼成温度 (℃) ¹⁾ | 嵩密度 (g/cm ³) | 誘電率 | tan δ (%) |
|-----|---------|-------|------------------|--------------------------------|-------------------|-----|------|---------------------------|-----------------------------|------|--------------|
| | MgO | ZnO | SiO ₂ | Bi ₂ O ₃ | Li ₂ O | | | | | | |
| 1 | 34.81 | 17.58 | 38.94 | 7.31 | 1.37 | 0.8 | 0.60 | 885 | 3.55 | 7.39 | 0.032 |
| 2 | 18.99 | 38.35 | 33.98 | 7.31 | 1.37 | 0.5 | 0.60 | 885 | 3.76 | 6.94 | 0.025 |
| 3 | 6.74 | 54.44 | 30.15 | 7.31 | 1.37 | 0.2 | 0.60 | 885 | 3.90 | 6.61 | 0.027 |
| 4 | 21.14 | 10.67 | 59.10 | 7.27 | 1.82 | 0.8 | 1.50 | 900 | 3.21 | 6.55 | 0.029 |
| 5 | 14.96 | 20.15 | 55.79 | 7.27 | 1.82 | 0.6 | 1.50 | 900 | 3.30 | 6.38 | 0.03 |
| 6 | 9.45 | 28.62 | 52.84 | 7.27 | 1.82 | 0.4 | 1.50 | 900 | 3.33 | 5.98 | 0.032 |
| 7 | 4.49 | 36.25 | 50.18 | 7.27 | 1.82 | 0.2 | 1.50 | 900 | 3.28 | 5.59 | 0.039 |
| 8 | 14.75 | 7.45 | 68.72 | 7.27 | 1.82 | 0.8 | 2.50 | 900 | 3.03 | 5.88 | 0.073 |
| 9 | 10.62 | 14.30 | 65.99 | 7.27 | 1.82 | 0.6 | 2.50 | 900 | 3.12 | 5.79 | 0.073 |
| 10 | 8.68 | 17.53 | 64.70 | 7.27 | 1.82 | 0.4 | 2.50 | 900 | 3.09 | 5.50 | 0.074 |
| 11 | 3.28 | 26.50 | 61.13 | 7.27 | 1.82 | 0.2 | 2.50 | 900 | 3.10 | 5.42 | 0.089 |
| 12 | 34.34 | 17.34 | 38.41 | 7.21 | 2.70 | 0.8 | 0.60 | 900 | 3.33 | 7.02 | 0.03 |
| 13 | 23.47 | 31.61 | 35.01 | 7.21 | 2.70 | 0.6 | 0.60 | 900 | 3.45 | 6.62 | 0.028 |
| 14 | 14.38 | 43.56 | 32.16 | 7.21 | 2.70 | 0.4 | 0.60 | 900 | 3.60 | 6.34 | 0.025 |
| 15 | 34.03 | 17.19 | 38.07 | 7.14 | 3.57 | 0.8 | 0.60 | 900 | 3.30 | 6.95 | 0.027 |
| 16 | 23.26 | 31.33 | 34.69 | 7.14 | 3.57 | 0.6 | 0.60 | 900 | 3.07 | 6.70 | 0.035 |
| 17 | 14.25 | 43.17 | 31.87 | 7.14 | 3.57 | 0.4 | 0.60 | 900 | 3.36 | 5.99 | 0.047 |
| 18 | 33.73 | 17.03 | 37.73 | 7.08 | 4.42 | 0.8 | 0.60 | 900 | 3.20 | 6.55 | 0.082 |

1) 焼成時間は全て1時間。

【0027】

【表2】

表2

| 実施例 | 組成(質量%) | | | | | x | y | 焼成温度 (℃) ¹⁾ | 嵩密度 (g/cm ³) | 誘電率 | tan δ (%) |
|------|---------|-------|------------------|--------------------------------|-------------------|-----|------|---------------------------|-----------------------------|------|--------------|
| | MgO | ZnO | SiO ₂ | Bi ₂ O ₃ | Li ₂ O | | | | | | |
| 19 | 23.06 | 31.05 | 34.39 | 7.08 | 4.42 | 0.6 | 0.60 | 900 | 3.14 | 6.05 | 0.077 |
| 20 | 35.62 | 17.99 | 39.85 | 4.67 | 1.87 | 0.8 | 0.60 | 900 | 3.16 | 6.25 | 0.071 |
| 21 | 24.35 | 32.79 | 36.32 | 4.67 | 1.87 | 0.6 | 0.60 | 900 | 3.31 | 5.41 | 0.089 |
| 22 | 14.91 | 45.18 | 33.36 | 4.67 | 1.87 | 0.4 | 0.60 | 900 | 3.26 | 5.37 | 0.061 |
| 23 | 6.90 | 55.71 | 30.85 | 4.67 | 1.87 | 0.2 | 0.60 | 900 | 3.48 | 5.50 | 0.07 |
| 24 | 32.58 | 16.45 | 36.44 | 12.82 | 1.71 | 0.8 | 0.60 | 900 | 3.60 | 7.19 | 0.031 |
| 25 | 22.27 | 29.99 | 33.21 | 12.82 | 1.71 | 0.6 | 0.60 | 900 | 3.48 | 6.84 | 0.034 |
| 26 | 13.64 | 41.32 | 30.51 | 12.81 | 1.71 | 0.4 | 0.60 | 900 | 3.76 | 6.54 | 0.038 |
| 27 | 6.31 | 50.95 | 28.21 | 12.82 | 1.71 | 0.2 | 0.6 | 880 | 3.73 | 6.38 | 0.037 |
| 28 | 31.24 | 15.78 | 34.94 | 16.39 | 1.64 | 0.8 | 0.60 | 880 | 3.58 | 7.47 | 0.035 |
| 29 | 21.36 | 28.76 | 31.85 | 16.39 | 1.64 | 0.6 | 0.60 | 880 | 3.68 | 7.07 | 0.039 |
| 比較例1 | 7.60 | 15.34 | 67.97 | 7.27 | 1.82 | 0.5 | 3.00 | 900 | 3.07 | 5.85 | 0.112 |
| 比較例2 | 18.24 | 36.84 | 32.64 | 7.02 | 5.26 | 0.5 | 0.60 | 900 | 3.19 | 6.43 | 0.143 |
| 比較例3 | 16.37 | 33.07 | 29.30 | 19.69 | 1.55 | 0.5 | 0.60 | 880 | 3.61 | 6.94 | 0.127 |
| 比較例4 | 20.79 | 42 | 37.21 | 0 | 0 | 0.5 | 0.6 | 1250 | 3.72 | 6.56 | 0.016 |
| 比較例5 | 7.38 | 59.61 | 33.01 | 0 | 0 | 0.8 | 0.6 | 1270 | 3.86 | 5.78 | 0.017 |

1) 焼成時間は、比較例4～5においては3時間、その他は1時間。

【0028】

【表3】

表 3

| | 構成層 | | | | |
|--------|---------------|--------------|-------------|---|--------------------------------------|
| | フォーステ ライト系 | エンスダ タイト系 | ウイレ マイト系 | B ₂ O ₃ -SiO ₂ 系 | Li ₂ O-SiO ₂ 系 |
| 実施例 1 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 2 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 3 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 4 | ◎ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 5 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 6 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 7 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 8 | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 9 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 10 | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 11 | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 12 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 13 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 14 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 15 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 16 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 17 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 18 | ◎ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 19 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 20 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 21 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 22 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 23 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 24 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 25 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 26 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 27 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 実施例 28 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 実施例 29 | ◎ | × | ○ | ◎ | ○ |
| 比較例 1 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 比較例 2 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 比較例 3 | ○ | × | ◎ | ◎ | ○ |
| 比較例 4 | ○ | × | ◎ | × | × |
| 比較例 5 | ○ | × | ◎ | × | × |

◎:主相 ○:存在が確認された相 ×:存在が確認されないもの

【0029】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明の低温焼成磁器組成物は、誘電率が低く、18GHzの高周波においても誘電正接が小さいので、高周波用途のマイクロ波用

回路素子等において最適である。しかも、800~1000℃で焼成されるため、Cu、Au、Ag等による配線を同時焼成により形成することができる。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
H01L 23/15

識別記号

F I
H01L 23/14

テームド(参考)
C

(72)発明者 水島 清
石川県松任市相木町383番地 ニッコー株
式会社内
(72)発明者 藤本 久和
石川県松任市相木町383番地 ニッコー株
式会社内

Fターム(参考) 4G030 AA02 AA07 AA32 AA37 AA43
BA09 BA12 CA01 CA08 GA14
GA15 GA17 GA20 GA25 GA27
5G303 AA05 AB06 AB07 AB15 BA12
CA01 CB05 CB16 CB17 CB30
CB38